



**HAL**  
open science

## Estimation de l'alea pluviométrique : une approche géostatistique

E. Leblois, M.H. Ramos, A. Guillon

► **To cite this version:**

E. Leblois, M.H. Ramos, A. Guillon. Estimation de l'alea pluviométrique : une approche géostatistique. NOVATECH 2007 - 6ème Conférence sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie / 6th International Conference on sustainable techniques and strategies for urban water management, Jun 2007, Lyon, France. pp.1221-1226. hal-03285237

**HAL Id: hal-03285237**

**<https://hal.science/hal-03285237>**

Submitted on 13 Jul 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **Estimation de l'alea pluviométrique : une approche géostatistique**

Rainfall hazard assessment: a geostatistically based methodology

Leblois E.<sup>(1)</sup>, Ramos M.H.<sup>(1)</sup>, Guillon A.<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Cemagref, 3 bis quai Chauveau 69336 Lyon Cedex 09

<sup>(2)</sup> Conseil Général des Hauts de Seine, Direction de l'Eau

Contact : [leblois@lyon.cemagref.fr](mailto:leblois@lyon.cemagref.fr) ou [aguillon@cg92.fr](mailto:aguillon@cg92.fr)

### **RESUME**

Le point de départ de notre travail est une requête de la Direction de l'Eau du département des Hauts de Seine (France) qui souhaite garantir à tous les habitants un même niveau de protection vis-à-vis des crues dues à des pluies intenses.

Ceci oblige à évaluer le fonctionnement observé du système d'assainissement pluvial en tenant compte de la sévérité des pluies passées, et amène à traiter les questions scientifiques suivantes : comment juger de la sévérité d'un événement pluviométrique observé ? Peut-on résumer par un seul indicateur l'ensemble des pluies fortes d'une année ? Tel est l'objectif de la présente contribution, rendue possible par les travaux antérieurs de (Ramos *et al.*, 2005 et 2006).

### **ABSTRACT**

This study investigates an operational request of the Water Direction of the Hauts-de-Seine department (France) to provide all inhabitants with an equal level of protection against heavy-rain induced flooding events.

This implies to fairly assess the functioning of the sewage system against the severity of observed rainfall events, which raises the following scientific questions: how to rate the severity of a specific observed rainfall event? How to summarize the rainfall severity of a past year as a whole? To answer these questions we developed an approach based on previous studies (Ramos *et al.*, 2005 and 2006), introducing a realistic and useful overall rate of the rainfall severity of a year over a sewer water management area.

### **MOTS CLES**

Aléa pluviométrique, évaluation, géostatistique, simulation.

## 1 INTRODUCTION

Un souci habituel des autorités responsables de la gestion des eaux pluviales dans un territoire est de garantir à tous les habitants un même niveau de protection vis-à-vis des crues dues à des pluies intenses, ce qui amène à traiter les questions scientifiques suivantes : comment juger de la sévérité d'un événement pluviométrique observé ? Peut-on la résumer par un seul indicateur, et généraliser cet indicateur à une année considérée dans son ensemble ?

Sur la base d'éléments statistiques utilisés usuellement pour construire des courbes IDF ou des coefficients d'abattement, il a été construit un modèle de simulation géostatistique. Les champs simulés ont l'avantage essentiel d'être spatialement exhaustifs, comme des images radar, mais en ayant exactement les mêmes propriétés statistiques que les données observées au pluviomètre. Ceci d'examiner les propriétés d'objets complexes, comme la pluie simultanée sur des bassins prédéfinis, ou dont la définition est non-linéaire, comme la pluie maximale ponctuelle sur le territoire.

Dans cet article, l'approche descriptive adoptée est celle de Ramos *et al.* (2005 et 2006), avec un développement spécifique aux besoins du département des Hauts-de-Seine (175 km<sup>2</sup>). Les pluies utilisées sont issues de 7 pluviomètres couvrant la période 1993-2003. Pour chaque pas de temps, seule la saison à risque est considérée. Les pluies de 5 minutes à 24 heures ont été analysées et les pluies non-nulles ajustées à des distributions gaussiennes inverses, qui permettent de décrire l'ensemble des pluies non nulles, et parmi elles les valeurs fortes qui dominent dans la construction des courbes IdF ponctuelles.

L'analyse variographique de champs pluvieux aboutit à sélectionner un modèle variographique double sphérique, qui permet de décrire à la fois la variabilité locale observable au sein du champ et celle existant entre les champs, attribuée à une variation spatiale à échelle régionale.

Un diagramme de sévérité a été produit pour 97 événement de pluies identifiés sur les dix années considérées par l'étude. On obtient aussi un diagnostic précisant où et pour quelle durée l'événement a été considéré comme sévère.

Des règles d'agrégation des événements inspirées de la loi physiologique de Fechner décrivant la perception du son ou de l'échelle logarithmique de Richter pour la qualification des séismes, ont été adoptées pour donner à chaque événement et à chaque année une évaluation considérée comme réaliste par les acteurs locaux.

## 2 DESCRIPTION STOCHASTIQUE DES PLUIES

### 2.1 Courbes IDF et coefficients d'abattement

Les études d'aléa pluviométrique se résument le plus souvent à établir des courbes Intensité Durée Fréquence (IDF) aux stations pluviométrique. La prise en compte de la dimension spatiale se borne à décrire l'évolution des paramètres des courbes IDF avec la position. On décrit parfois aussi des coefficients d'abattement (ARF, sigle anglophone) à appliquer aux IDF ponctuelles, pour en déduire la statistiques des pluies associées à des bassins.

L'étude standard décrite ci-dessus se base sur des éléments statistiques et variographiques qui sont accessibles sans difficulté moyennant la disponibilité d'un réseau de pluviographes suivi pendant quelques années.

## 2.2 Modélisation

La distribution des valeurs ponctuelles de pluie et la caractérisation de leur structure spatiale décrites plus haut suffisent aussi à construire un modèle de simulation géostatistique. Les simulations obtenues ont l'avantage principal que le champ simulé présente une couverture spatiale complète, comme des images radar, mais en ayant exactement les mêmes propriétés statistiques que les données observées aux pluviomètres.

Ceci permet d'évaluer directement les IDF et ARF, que l'on pouvait certes déduire mathématiquement des éléments statistiques de base. Il est également possible d'examiner d'autres caractéristiques intéressant l'ingénierie, telle la probabilité d'avoir des pluies simultanée au dessus de bassins versants choisis (voir Ramos *et al.*, 2006, pour des détails relatif à la méthodologie de simulation des champs pluvieux).

## 3 CAS D'ETUDE

### 3.1 Données utilisées

L'approche descriptive adoptée est déclinée dans le cas du département des Hauts-de-Seine (175 km<sup>2</sup>). Les pluies utilisées sont issues de 7 pluviomètres couvrant la période 1993-2003. Pour chaque pas de temps, seule la saison à risque est considérée, pour les durées faibles elle correspond à l'été et à l'automne (période des pluies convectives).

Les pluies de 5 minutes à 24 heures ont été analysées et les pluies non-nulles ajustées à des distributions gaussiennes inverses. Cette distribution gaussienne inverse permet de décrire l'ensemble des pluies non nulles, et parmi elles les valeurs fortes qui dominent dans la construction des courbes IdF ponctuelles.

L'analyse des champs pluvieux aboutit à sélectionner un modèle variographique double sphérique, décrivant la variabilité au sein du champ (locale) et celle attribuée à une variation spatiale à échelle régionale. La transition pluie non pluie est également caractérisée par une probabilité et une structure spatiale.

### 3.2 Résultat de simulation

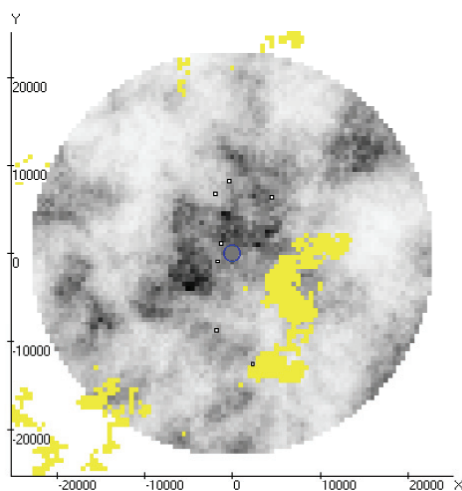


Fig 1 – Un champ de pluie horaire simulée au-dessus du département des Hauts-de-Seine

Le modèle de simulation ainsi construit a produit un très grand nombre de champs permettant (Fig.1) d'étudier directement toute statistique d'intérêt : ponctuelle (surface nulle), pluie de bassin, pluie maximale dans un domaine. La simulation a été menée assez loin pour que les estimations soient stabilisées.

Un avantage de la simulation est qu'elle fournit une illustration claire et quantifiée d'aspects mathématiquement difficiles à évaluer, telle la probabilité d'observer un événement localement considéré comme rare au sein d'un territoire de superficie fixée (Fig. 2).

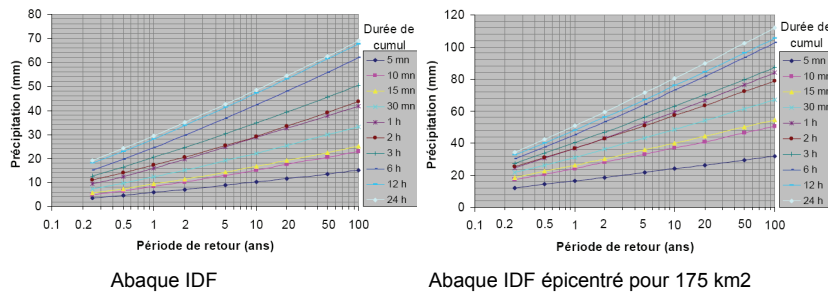


Fig 2 - Comparaison entre les estimations locale et régionales d'une pluie ponctuelle forte. Exemple: en un point donné la pluie horaire décennale vaut 28 mm (à gauche). Une telle pluie est cependant observable deux fois par an au sein d'un territoire de 175 km<sup>2</sup> (à droite).

## 4 ANALYSE RETROSPECTIVE DES EVENEMENTS

### 4.1 Evénements individuels

L'analyse des simulation permet de qualifier n'importe quelle variable observée sur un événement passé.

En suivant la méthodologie proposée par des travaux de Ramos et al. (2005 et 2006), un diagramme de sévérité a été produit pour 97 événement de pluies identifiés sur les dix années considérées par l'étude (Fig. 3). Ce diagnostic précise notamment en quoi l'événement a été considéré comme sévère (Fig. 4).

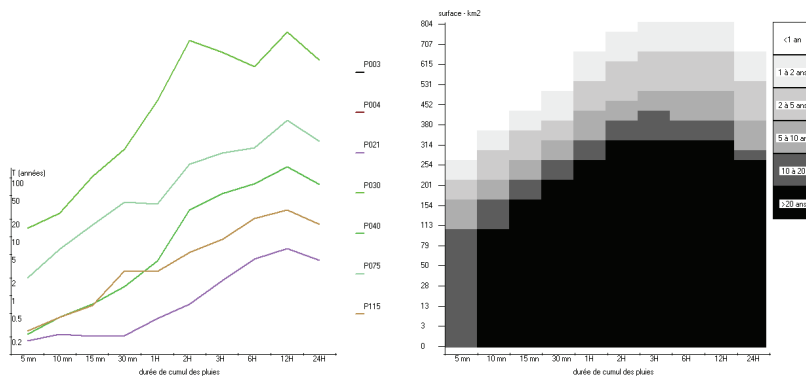


Fig 3 – Analyse de sévérité de l'événement des 06 et 07 juillet 2001

Graphe de sévérité

Une ligne par pluviomètre

Axe X : durée de la pluie

Axe Y : période de retour

Diagramme de sévérité

période de retour maximale observée

Axe X : durée de la pluie

Axe Y : Superficie touchée (km<sup>2</sup>)

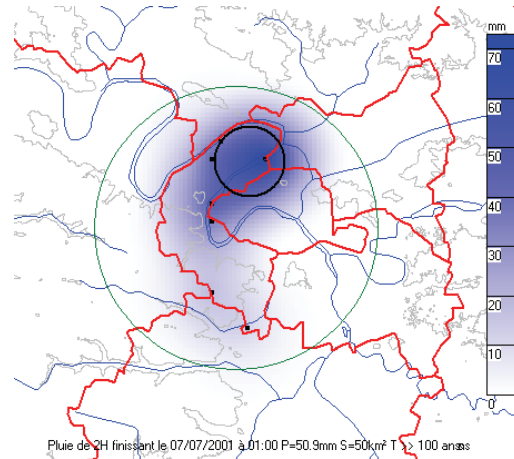


Fig 4 - Aspect dominant de l'événement des 6-7 juillet 2001 : 51 mm de pluie se sont accumulés en 2 heures sur un cercle de 50 km<sup>2</sup> ; période de retour au sein du territoire > 100 ans.

Pour chaque événement, ces estimateurs ont été agrégés en une note unique. Sur les cellules du diagramme de sévérité correspondant à des superficies non nulles, on pondère la lame d'eau tombée par le logarithme de la surface touchée.

De ces valeurs on calcule la moyenne, l'écart-type, et on effectue la somme des deux en un score global.

L'événement de la Fig 4 a obtenu un score de 223.7, le plus fort des 97 événements étudiés.

#### 4.2 Evaluation globale des pluies fortes d'une année

Les lois usuelles de phénoménologie de la perception, telle celle de Fechner sur la perception du son, ou l'échelle de Richter sur la qualification des tremblements de terre, ont été prises comme source d'inspiration pour le regroupement des événements d'une année donnée et l'attribution d'une note globale à l'année.

Les résultats obtenus de 1993 à 2003 sont présentés ci-dessous (Table 1). Cette manière d'agréger le diagramme de sévérité en un seul index, puis d'agréger les valeurs des différents événements en une seule note annuelle ont été considérées comme reflétant correctement l'expérience des acteurs locaux.

1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
10.1	10.7	8.0	5.4	12.4	5.5	11.7	12.4	15.0	8.0	10.9

Table 1 . Index annuel de pluviométrie forte pour les Hauts-de-Seine ; 0= faible ; 20 = fort

**RERERENCES / BIBLIOGRAPHIE**

Principaux travaux des auteurs sur la thématique

1. RAMOS, M.H., LEBLOIS, E. & CREUTIN, J-D. (2006) From point to areal rainfall: linking the different approaches for the frequency characterisation of rainfalls in urban areas. *Water Science & Technology*, Vol. 54. No. 6-7, p. 33-40.
2. RAMOS, M.H., CREUTIN, J-D. & LEBLOIS, E. (2005) Visualization of storm severity. *Journal of Hydrology*, Vol. 315. p. 295-307.
3. RAMOS, M.H.D. (2002) Analyse de la pluviométrie sous des systèmes nuageux convectifs. Etude de cas sur des données de la ville de Marseille et de la méthode ISIS de Météo-France. Thèse Docteur, LTHE, Université Joseph Fourier, 165 p. (in French)

Références externes utilisées

1. BARANCOURT, C., CREUTIN, J.D. & RIVOIRARD, J. (1992) A method for delineating and estimating rainfall fields. *Water Resources Research*, Vol. 28, No. 4, 1133-1144.
2. DIETRICH, C.R. (1995) A simple and efficient space domain implementation of the turning bands method. *Water Resources Research*, Vol. 31, No. 1, 147-156.
3. FOLKS, J.L. & CHHIKARA, R.S. (1978) The inverse gaussian distribution and its statistical application – a review. *J. R. Statist. Soc. B* (40), No. 3, 263-289.
4. GRINGARTEN, E. & DEUTSCH, C. (2001) Variogram interpretation and modeling. *Mathematical Geology*, Vol. 33, No. 4, 507-534.
5. JOURNEL, A.G. & YING, Z. (2001) The theoretical links between Sequential Gaussian Simulation, Gaussian Truncated Simulation and Probability Field Simulation. *Mathematical Geology*, Vol. 33, No. 1, 31-40.
6. KRAJEWSKI, W.F. & CREUTIN, J.D. (1992) Modélisation mathématique des champs de pluie. Quelques types d'approches et leurs applications. *La Météorologie*, VII série, No. 14, 4-15.
7. KYRIAKIDIS, P.C. & JOURNEL, A.G. (1999) Geostatistical space-time models: a review. *Mathematical Geology*, Vol. 31, No. 6, 651-684.
8. MANTOULOU, A. & WILSON, J.L. (1982) The turning bands method for simulation of random fields using line generation by a spectral method. *Water Resources Research*, Vol. 18, No. 5, 1379-1394.
9. TOMPSON, A.F.B., ABABOU, R. & GELHAR, L.W. (1989) Implementation of the three-dimensional turning bands random field generator. *Water Resources Research*, Vol. 25, No. 10, 2227-2243.
10. VARGAS-GUZMAN, J.A., MYERS, D.E. & WARRICK, A.W. (2000) Derivates of spatial variances of growing windows and the variogram. *Mathematical Geology*, Vol. 32, No. 7, 851-871.
11. <http://en.wikipedia.org/wiki/Weber%E2%80%93law>

Autres references utiles

12. BRAS, R.L. & RODRIGUEZ-ITURBE, I. (1993) *Random Functions and Hydrology* (republication of the edition published by Addison-Wesley Publishing Company, 1985), Unabridged Dover, 559 p.
13. GANDIN, L.S. (1965) *Objective analysis of meteorological fields*. Israel program for Scientific Translations, Jerusalem, Israel, 242 p.
14. GOOVAERTS, P. (1997) *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Applied Geostatistics Series (ed. André G. Journel), Oxford University Press, NY, 483 p.
15. SMITH, J.A. (1993) *Geostatistics*. In: Maidment, D.R. (ed), *Handbook of Hydrology*, Ch. 3, McGraw-Hill.